第三章

电阻电路的一般分析

第三章 电阻电路的一般分析

3.1 电路的图

①线性电路的分析具有普遍性和系统性

② 方法：KCL，KVL，电流电压关系，根据变量不同可分为支路电流法，回路电流法，结点电压法

③ 电路图：以图论(G)为依托，其中有支路(b)，结点(n)

串联看成一支路，并联不看成一支路　　有向图

3.2 KCL和KVL的独立方程数

① 对n个结点的电路，独立的KCL方程为 $n-1$ 个

② 用树(tree)寻找图的独立回路组，即独立的KVL方程

③ 树：包含所有节点，但不形成回路（不唯一）

树中包含的支路称树支（全部支路＝树支＋连支）

④ 具有n个结点的连通图，任一树的树支数为 $n-1$

⑤ 每个连支只会在一个回路出现，对该回路列KVL 即独立

∴独立回路数＝连支数＝ $b-n+1$ （b为支路，n个结点）

⑥ 对平面图

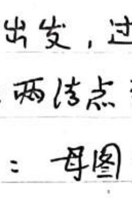
连支数＝网孔数＝独立回路数＝独立KVL方程数

3.3 支路电流法

n个结点，b条支路，列b个独立方程，可解

① 从电路n个结点、任选 $n-1$ 个结点 列写KCL方程

② 选择基本回路列写 $b-(n-1)$ 个KVL方程

例  6支路 节点4 （KCL，KVL各三）　（同理还有支路电压法）

图论 — 电路的图（补）

$G=\{$支路，结点$\}$，有向图（对支路取关联电压电流方向），无向图

路径：结点出发，过支路，到结点

连通图：任两结点至少有一条路径（不分离）

子图，母图：母图是最大的子图，母图包括所有子图

树：子图，且满足 ①连通 ②包括所有节点 ③不连通（不为一）

树支：树的支路　连支：属于G，但非树支

b支，n节点，$b_t=n-1$ 树支，$b_l=b-(n-1)$ 连支

回路：①连通 ②每个结点只关联2条支路

$b-n+1$ ＝网孔数（仅平面图）＝连支数＝基本回路数

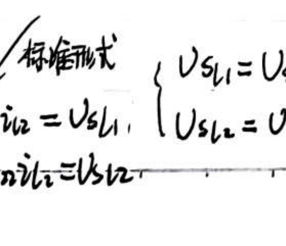
基本回路：回路只有一条连支，其他均为树支

3.4 网孔电流法（平面！）

各网孔流动的假想电流 → 表示各支路电流，列KVL

①选网孔为独立回路，选某方向设电流，列KVL方程

②求出设的电流，进而算出实际电流

例  设出 i_{l1}，i_{l2}

$$\begin{cases} R_1 i_{l1}+R_2(i_{l1}-i_{l2})-u_{S1}+u_{S2}=0 \\ R_2(i_{l2}-i_{l1})+R_3 i_{l2}-u_{S2}=0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1+R_2)i_{l1}-R_2 i_{l2}=u_{S1}-u_{S2} \\ -R_2 i_{l1}-(R_2+R_3)i_{l2}=u_{S2} \end{cases}$$

网孔1自电阻 $R_{11}=R_1+R_2$

网孔2自电阻 $R_{22}=R_2+R_3$

网孔12互电阻 $\underset{\uparrow\,1网孔}{R_{12}}=\underset{\uparrow\,2网孔}{R_{21}}=-R_2$

（i_{l1} i_{l2} 方向相同正 相反负）

标准形式

$$\begin{cases} R_{11}i_{l1}+R_{12}i_{l2}=U_{Sl1} \\ R_{21}i_{l1}+R_{22}i_{l2}=U_{Sl2} \end{cases} \qquad \begin{cases} U_{Sl1}=U_{S1}-U_{S2} \\ U_{Sl2}=U_{S2} \end{cases} \text{代数和}$$

$$\begin{cases} R_{11}i_{l1}+R_{12}i_{l2}+\cdots+R_{1l}i_{ll}=U_{Sl1} \\ R_{21}i_{l1}+R_{22}i_{l2}+\cdots+R_{2l}i_{ll}=U_{Sl2} \\ \cdots\cdots \\ R_{l1}i_{l1}+R_{l2}i_{l2}+\cdots+R_{ll}i_{ll}=U_{Sll} \end{cases}$$

R_{kk} 自电阻 R_{jk} 互电阻（电流同正异负）

自电阻×本网孔电流 ＋ $\sum(\pm)$ 互电阻×相邻网孔电流＝ $\sum$ 本网孔电压升

含电流源网孔分析法（KVL 怕电流源）

(1) 电流源处于边界网孔，则网孔电流已知，可不列网孔方程

(2) 电流源处于公共支路，需假设电压变量，加辅助方程

(3) 假设电压，列方程时暂时看作已知电压

(4) 网孔电流源电压未知，不一定为0

受控源分析方法：

列方程时受控源看作独立源，再将控制量用网孔电流表示

3.5 回路电流法（升级版网孔）

适用平面/非平面电路，沿回路流动的假想电流

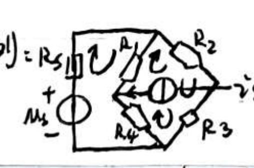
列出 $b-n+1$ 个KVL方程

① 选 $b-n+1$ 个独立回路，并确定绕行方向

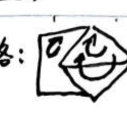
② 对 l 个独立回路，以回路电流为未知量，列KVL

③ 求解，得 l 个回路电流，求支路电流

※ 求电流 i：只让一个回路电流经过 R_5 支路，$i=i_x$

例：

$$\begin{cases} (R_5+R_1+R_4)i_1-R_1 i_2-R_4 i_3=U_S \\ -R_1 i_1+(R_1+R_2)i_2=U \\ -R_4 i_1+(R_3+R_4)i_3=-U \end{cases} \quad ⊕\ I_S=i_2-i_3$$

回路： 可不用增补

3.6 结点电压法（KCL）（$n-1$ 方程）

结点电压 ↔ 网孔/回路电流　　选择？

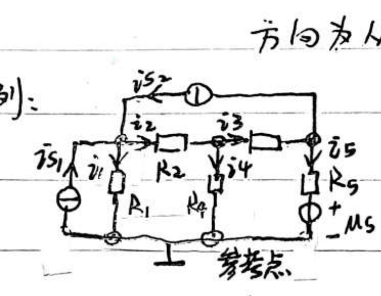
$n-1$　　$b-n+1$

比大小

以结点电压为未知量列方程，适用结点较少的电路

任意选择参考点：其他结点与参考点的电位差即为结点电位

方向为从独立结点指向参考结点

例：

①②③ 3结点

① $i_1+i_2=i_{S1}+i_{S2}$

② $-i_2+i_4+i_3=0$

③ $-i_3+i_5=-i_{S2}$

$$\begin{cases} \dfrac{U_{n1}}{R_1}+\dfrac{U_{n1}-U_{n2}}{R_2}=i_{S1}+i_{S2} \\ -\dfrac{U_{n1}-U_{n2}}{R_2}+\dfrac{U_{n2}-U_{n3}}{R_3}+\dfrac{U_{n2}}{R_4}=0 \\ -\dfrac{U_{n2}-U_{n3}}{R_3}+\dfrac{U_{n3}-U_S}{R_5}=-i_{S2} \end{cases}$$

U_{n1}、U_{n2}、U_{n3} 结点电位

$$\begin{cases} (G_1+G_2)U_{n1}-G_2U_{n2}=i_{S1}+i_{S2} \\ -G_2U_{n1}+(G_2+G_3+G_4)U_{n2}-G_3U_{n3}=0 \\ -G_3U_{n2}+(G_3+G_5)U_{n3}=-i_{S2}+\dfrac{U_S}{R_5} \end{cases}$$

等效电流源

$G_{11}=G_1+G_2$　$G_{22}=G_2+G_3+G_4$　自电导＝电导和（永正）

$G_{12}=G_{21}=-G_2$ 互电导　$G_{23}=G_{32}=-G_3$（永负）

$$\begin{cases} G_{11}U_{n1}+G_{12}U_{n2}+G_{13}U_{n3}=i_{Sn1} \\ G_{21}U_{n1}+G_{22}U_{n2}+G_{23}U_{n3}=i_{Sn2} \\ G_{31}U_{n1}+G_{32}U_{n2}+G_{33}U_{n3}=i_{Sn3} \end{cases}$$

一次相连，互电导 $-G_{xy}$

非一次相连，互电导为0

$i_{Sn1}=i_{S1}+i_{S2}$

$i_{Sn3}=-i_{S2}+U_S/R_5$

流入结点X的电流源电流代数和（流出负，流入正）

$\frac{1}{6}\cdots=\frac{30}{6}$

自电导×本节点电压 － $\sum$ 互电导 × 相邻节点电压 ＝ $\sum$ 流入本节点电流（电流源）

自电导：与结点相邻的所有电导之和　互电导：结点之间电导相加

有单独的电压源

① 合理选择接地点，直接退化方程为 $U=XV$

② 设出电流，列写式子，增加增补方程

③

有受控源：看成独立源

本笔记在https://github.com/dydcyy-gh/study-notes开源